

★ 배포 즉시 보도하여 주시기 바랍니다.

## 보도자료



**한국연구재단**  
National Research Foundation of Korea

<홍보실> 실장 김한기, 담당 장효정 ☎ 042-869-6116

<자료문의> 광주과학기술원 기계공학부 이종호 교수(062-715-2757)

## 스스로 휘어지거나 펴지는 ‘자가 변형 필름’ 개발

- 능동적으로 변형되는 플렉서블 디스플레이 및 소프트 로봇에 적용 -

- 스스로 휘어지거나 모양이 변하는 전자기기의 개발이 가능해졌다. **GIST(지스트, 총장 문승현) 기계공학부 이종호 교수 연구팀**이 플렉서블 전자기기에 활용될 수 있는 ‘자가 변형 필름’을 개발하였다고 한국연구재단(이사장 노정혜)은 밝혔다.
- 최근 휘거나 모양이 변해도 그 기능을 유지하는 플렉서블 전자기기 관련 연구가 활발하게 진행되고 있다. 그러나 아직까지는 외부 힘에 의한 수동적인 변형만을 고려한 수준으로, 여기에서 더 나아가 전자기기 자체의 능동적인 변형을 위한 연구는 진행되지 않았다.
- 연구팀은 전기로 동작할 수 있는 얇은 형상 기억 합금을 일정한 간격을 가진 블록으로 필름에 부착하여, 자가 변형 필름을 제작하였다. 제작된 필름은 두께가 약 250 마이크로미터( $\mu\text{m}$ )로 매우 얇아서, 플렉서블 전자기기에 결합한 채 휘어져도 전자기기에 가해지는 변형이 최소화된다.
- 사용된 형상 기억 합금은 열이 가해지면 수축하는 특징이 있다. 형상 기억 합금의 특성과 필름의 탄성을 이용하여 굽혔다 펴지는 양방향 동작이 모두 가능하다.

○ 또한 가해진 전류에 따라 휘어지는 정도를 제어할 수 있다. 합금을 고정시키는 블록의 배열 및 필름 기판의 디자인 요소에 따라 다양한 모양으로 제작할 수 있다.

□ 이종호 교수는 “이번 연구결과는 플렉서블 전자기기 분야의 새로운 활용 가능성을 제시한 연구라는데 가장 큰 의의가 있다”라며, “추후 콘텐츠 혹은 상황에 따라 형상이 변하는 디스플레이, 스스로 말렸다가 펼쳐지는 태양전지 등 다양하고 능동적인 플렉서블 전자기기나 소프트 로봇 등에 적용할 수 있을 것”이라고 연구의 의의를 설명했다.

□ 이 연구 성과는 과학기술정보통신부·한국연구재단 기초연구사업(중견연구), 광주과학기술원 **GRI(GIST 연구원)**, **GIST-Caltech** 사업의 지원으로 수행되었다. 로봇연구 분야 최고 국제학술지 **소프트 로보틱스 (Soft Robotics)** 7월 23일 자 논문으로 게재되었다.

<참고자료> : 1. 주요내용 설명  
3. 연구 이야기

2. 그림 설명

# 1 주요내용 설명

## □ 논문명, 저자정보

|     |                                                                                                      |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 논문명 | Robotic flexible electronics with self-bendable films                                                |
| 저자  | 이종호 교수(교신저자, 광주과학기술원(GIST)),<br>주훈표 박사과정(제1저자, GIST), 정진모 박사과정(GIST),<br>곽표 석사(GIST), 권민정 석사과정(GIST) |

## □ 연구의 주요내용

### 1. 연구의 필요성

- 플렉서블(flexible) 혹은 웨어러블(wearable) 전자기기는 4차 산업혁명 시대의 핵심기술로써 가볍고 유연하면서 보다 간편하게 휴대할 수 있는 형태로 발전되고 있다. 최근에는 플렉서블 디스플레이를 필두로 플렉서블 태양전지, 웨어러블 전자기기 등 다양한 분야에서 연구가 진행되고 있다. 이러한 플렉서블 전자기기의 가장 큰 특징은 구부리는 등 형상이 변해도 그 기능을 유지한다는 점이다.
- 그동안 대부분의 플렉서블 전자기기 관련 연구는 외력에 의한 수동적인 변형만을 고려하여 전기적 성능이나 기계적 유연성을 증가시키는 것을 주요 목표로 진행되어 왔다.
- 수동적인 변형이 가능한 전자기기에서 더 나아가 능동적으로 곡률\* 변형이 가능한 플렉서블 전자기기가 개발된다면 기존에 비해 더욱 폭넓은 활용가능성을 보여 줄 것으로 기대된다.

\* 곡률 : 곡선 또는 곡면의 휨 정도를 나타내는 변화율

### 2. 연구내용

- 기존에 개발된 플렉서블 전자기기들은 유연성을 위해 대부분 얇은 필름 형태를 가지고 있다. 이러한 특징을 유지하면서도 움직임을 주기 위해서는 결합되는 액추에이터 또한 얇은 필름 형태가 요구된다.

- 이 연구에서는 지름 38  $\mu\text{m}$ 의 얇은 와이어 형태의 형상 기억 합금\*을 이용하였다. 일정한 간격의 블록에 형상 기억 합금 와이어를 내장(embed)하여 전기적으로 동작이 가능하고, 전류 조절을 통해 동작되는 곡률의 조절이 가능한 자가 변형 필름을 개발하였다. 제작된 자가 변형 필름은 약 250  $\mu\text{m}$ 의 두께를 가진다. 블록의 다양한 형상과 배열은 자가 변형 필름의 변형 정도와 여러 가지 모양을 결정한다.

\* 형상 기억 합금 : 외력을 통해 변형을 시켜도 본래의 형상을 기억하고 있어 가열을 통해 본래의 형상으로 복원하는 합금. 전도도가 있기 때문에 전류를 통한 가열도 가능함.

- 이를 통해 다양한 모양을 가지면서 전기적인 동작이 가능한 자가 변형 필름을 개발할 수 있었고, 필름을 플렉서블 LED 디스플레이와 결합하여 능동적으로 변형되는 플렉서블 전자기기와 필름 형태의 소프트 로봇\* 제작이 가능함을 입증하였다.

\* 소프트 로봇 : 단단한 금속이 아닌 유연한 소재로 만든 로봇. 로봇의 전체 또는 일부에 폴리머, 고무 등과 같이 유연한 소재를 활용하여 변형이 잘되고 부드러운 움직임을 가진다.

### 3. 연구성과/기대효과

- 개발된 자가 변형 필름은 전기적으로 동작이 가능하고, 다양한 모양을 가지며 현재 개발된 플렉서블 LED 디스플레이와 결합하여 능동적으로 변형되는 플렉서블 전자기기 또는 필름 형태의 소프트 로봇 제작이 가능하다.
- 이 연구 결과는 플렉서블 전자기기 분야의 새로운 활용 가능성을 제시하였으며, 콘텐츠 혹은 상황에 따라 형상이 변하는 디스플레이 혹은 스스로 말렸다 펼쳐지는 태양전지 등 다양하고 능동적인 플렉서블 전자기기나 소프트 로봇 등에 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

## 2 그림 설명

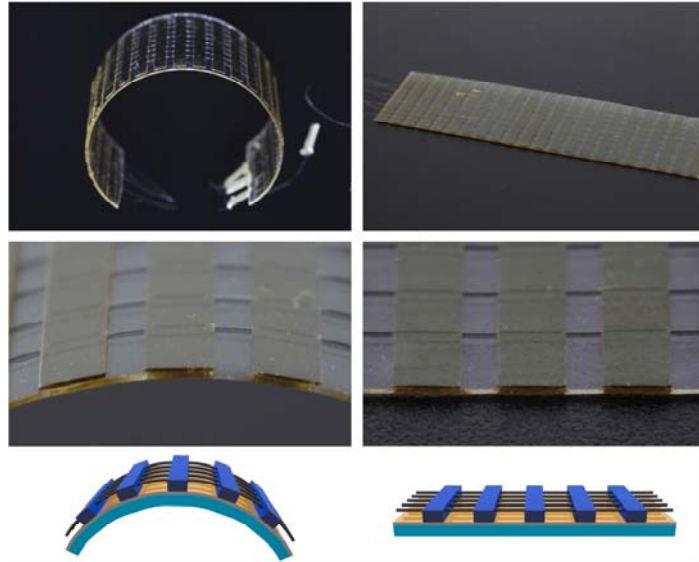


그림 1. 제작된 자가 변형 필름 및 구조

제작된 자가 변형 필름(좌측 상단)과 열에 의한 형상 기억 합금의 수축으로 펼쳐진 자가 변형 필름(우측 상단). 하단의 사진은 상단의 자가 변형 필름을 부분적으로 확대한 모습을 나타내며, 그림은 각 상태의 구조를 나타낸다.

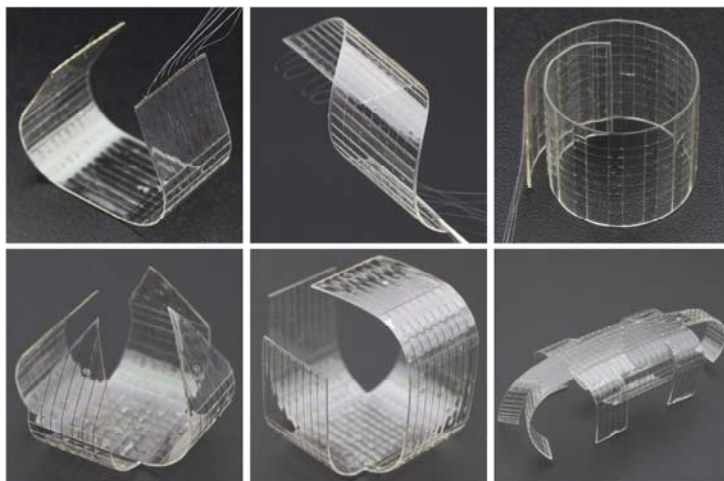


그림 2. 다양한 형태의 자가 변형 필름

자가 변형 필름에 형상 기억 합금을 내장(embed)시키기 위해 사용된 블록의 배열 및 형상에 따라서 위와 같이 다양한 형태의 자가 변형 필름 제작이 가능하다.

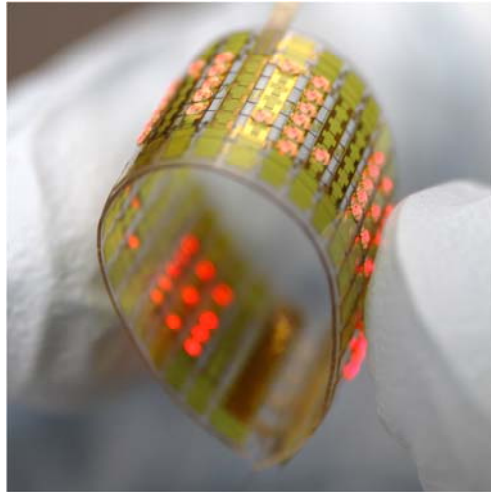


그림 3. 자가 변형 LED 디스플레이

자가 변형 필름과 플렉서블 LED 디스플레이가 결합된 자가 변형 LED 디스플레이



그림 4. 자가 변형 LED 디스플레이의 동작 과정

제작된 자가 변형 LED 디스플레이가 형상 기억 합금의 전기적 동작을 통해 휘어졌다 펼쳐지는 양방향의 동작을 하는 모습 (동영상1 참조)

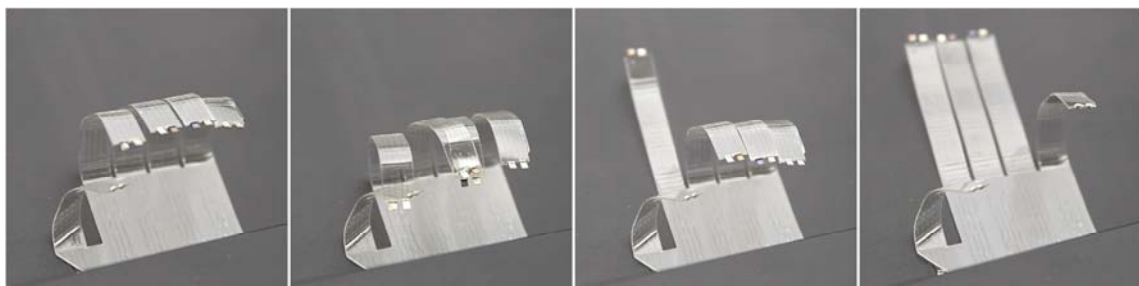


그림 5. 소프트 로봇 손

자가 변형 필름을 활용하여 제작된 손 형태의 소프트 로봇 (동영상2 참조)

### 3 연구 이야기

#### □ 연구를 시작한 계기나 배경은?

유연한 전자기기는 기존의 단단했던 전자기기와 달리 휘거나 모양이 변해도 망가지지 않는 특징으로 인해 많은 사람들의 흥미를 끌었고, 일부는 실생활에 사용될 만큼 가까이 다가온 상태다. 우리 연구실에서도 유연 전자기기와 관련된 연구를 진행 중인데, 그러다 변형 가능한 재료가 있다는 것을 알게 되었고, 이를 유연 전자기기에 적용시킨다면 스스로 동작이 가능한 유연 전자기기의 개발이 가능하지 않을까 라는 생각으로 이 연구를 시작하게 되었다.

#### □ 연구 전개 과정에 대한 소개

능동적으로 동작이 가능한 유연 전자기기 개발을 위해 우선적으로 자가 변형 필름 개발이 이루어졌다. 충분한 성능을 보이고, 디자인 요소 변경을 통해 다양한 모양을 가지는 자가 변형 필름의 제작을 완료한 뒤 플렉서블 LED 디스플레이 및 소프트 로봇 손을 제작하여 자가 변형 필름의 활용 가능성을 확인하였다.

#### □ 연구하면서 어려웠던 점이나 장애요소는 무엇인지? 어떻게 극복(해결)하였는지?

연구에 활용한 형상 기억 합금은 특정한 온도 이상이 되면 기억한 모양으로 되돌아가는 특징을 가진다. 그러나 한번 되돌아간 경우 다시 변형을 주기 위해서는 외력이 필요하다. 특별하게 제작된 형상 기억 합금의 경우 두 가지 이상의 모양을 기억할 수도 있지만, 이 경우 일반적인 형상 기억 합금에 비해 기계적인 특성이 많이 떨어지거나, 제작하기 어렵다는 단점이 있다. 따라서 우리는 일반적인 형상 기억 합금을 이용하면서, 가역적인 두 가지 동작을 할 수 있는 자가 변형 필름을 제작하려 하였다. 이를 위해 기존에 특정한 모양을 가지는 기판에 형상 기억 합금을 부착하려 하였으나, 그러한 기판을 마이크로 공정을 통해 제작하는 데 어려움이 있었다. 이를 해결하기 위해 두 가지 다른 종류의 필름을 결합시켜 제작하는 방식을 고안하였고, 바이메탈과 같이 한 쪽 방향으로 휘어지려 하는 기판을 제작하는데 성공하였다. 또한 이러한 방식은 마이크로 공정을 통해 진행이 가능하였고, 이를 통해 두께 등 디자인 요소의 변경이 가능했다.

#### □ 이번 성과, 무엇이 다른가?

기존의 유연한 전자기기 관련 연구는 구조 개발 및 신축성 있는 재료를 통해 기계적인 유연성을 증가시키는 데 그 초점을 두었다. 이 연구는 여기에서 더 나아가 스스로 동작이 가능한 유연 전자기기의 개발을 목표로 하였고, 제작된 자가 변형 필름을 통해 실제 능동적으로 변형이 가능한 유연 전자기기의 개발이 가능함을 입증하였다.

☐ 실용화된다면 어떻게 활용될 수 있나? 실용화를 위한 과제는?

컨텐츠 또는 상황에 따라 모양이 함께 변하는 플렉서블 디스플레이, 우주 환경에서 능동적으로 펼쳐질 수 있는 플렉서블 태양전지 등 다양한 분야에 활용 가능 할 것으로 보인다. 다만 실제 적용을 위해서는 사용되는 환경에 따른 성능 개선 및 내구성에 대한 연구가 필요할 것으로 보인다.

☐ 꼭 이루고 싶은 목표나 후속 연구계획은?

현재는 가능성을 보여주기 위해 기본적인 연구가 진행되었으며, 추후에 더욱 다양한 동작을 능동적으로 수행할 수 있는 자가 변형 필름을 개발하고자 한다. 또한 이를 다양한 유연 전자기기에 적용하여 더욱 많은 기능을 할 수 있는 유연 전자기기를 개발하고자 한다.